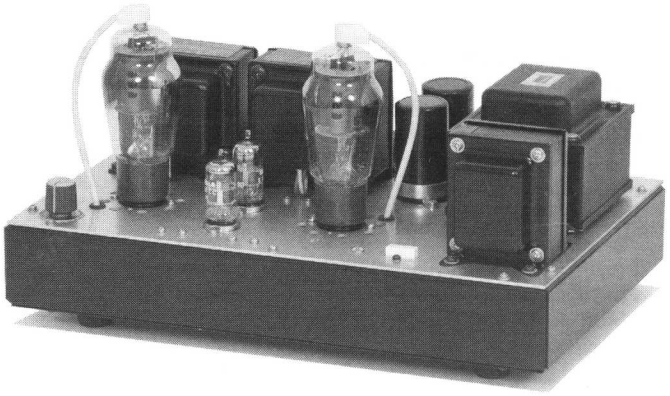
定電圧電源用ビーム出力管を活用，出力約8W

12E1シングルパワーアンプ

中澤健一 NAKAZAWA Kenichi

ヨーロッパ管のたたずまいに魅了された友人のために製作したシングルパワーアンプ．出力管は外観と性能，価格から選んだビーム管12E1で，双3極管による2段増幅でドライブし，約8Wの出力を得た．特性を測定しながら12E1の適切な負荷インピーダンスとNFB量を検討し，聴感とのすり合わせも行うことで特性と音質を両立させることができた．電源トランスと出力トランスはハシモト製品を採用した以外，特別音質に配慮した部品は使用していないが，反応のすばやいアンプとなった．



きっかけ

ことの始まりは友人から「PEN45DもしくはPEN45DDという真空管はPEN45と同じように使えるのでしょうか？　DDのほうはDiode-1とDiode-2というピンがあるようです．このDiodeって何の役割なんでしょう？」という質問があったことです．これに対して私は「ダイオードの一つはaudio detector用，もう一つはprovide the A.V.C.voltage用となっています．検波用とAGC用のようです．PEN45って，用途からしてラジオ用ですから，41/6K6のほうが安く遊ぶには好適でしょう」と返事をしました．

その後，友人から「欧州管の音が好きかどうかは別にして，見た目は欧州臭さ抜群のPEN45あたりに興味を抱きました」という話があり，要は「高価でなくて，ポピュラー過ぎないヨーロッパ管らしい出力管を使ってみたい」ということのようでした．この相談に対する私の答えが12E1です．

12E1とは

12E1の規格は別掲，**図1**をご覧ください．オーディオ出力を主目的に作られた真空管ではありませんがラジオ用真空管とは別格と言えるものです．トップキャップの真空管はわざわざ真空管の頂部から配線しなければならず使いにくく，特にトッププレートの真空管は高圧を管頂まで引かねばないため，おおかたは不人気で比較的安価です．これらは名の通った出力管が随分と高価になってしまった現在，価格的には手を出しやすいと言えます．この12E1も場合によってはPEN45よりも安く売られていることもあります．「お買い得」と言う観点からは相当なものと思います．適合ソケットもUSオクタルで特殊なものを必要としません．

では，お馴染みの多極出力管と12E1を比べてみましょう．**表1**に最大定格の比較をまとめました．表でわかるように，スクリーングリッド電圧を除いてポピュラーな多極出力管と比べて遜色はなく，ほぼ同レベルのスケールを持っていると言えます．

次に特性面を比較してみます．多極管動作において，スクリーングリッドの影響度をみてみます．E_{sg}=150V，E_g=0Vにおける肩特性から電流値を読んでみると，

・12E1　およそ300mA
・6L6GC　およそ75mA
・EL34　およそ130mA
（E_{sg}=250Vと360Vのデータから類推）
・KT88　およそ170mA
・KT66　およそ100mA
・6G-B8　およそ200mA
（Vsg=250Vと300Vのデータから類推）
・8417　およそ200mA
（E_{sg}=250Vと300Vのデータから類推）

となります．12E1が飛び抜けて高電流が流れることがわかります．それだけ，E_{sg}に敏感であるということです．最大スクリーングリ

味を最高度に発揮させるには多極管プッシュプルとして使ってやるのがベストであろうと言えます．が，今回は作りやすいことを第一にして，3極管接続，シングル出力段でアンプを組んでみることにしました．規格から，「結構，侮れないアンプに仕上がりそうだ」と思わせるところがあり，これを実際に検証してみたいということも理由になっています．

回路定数の決定

ごく一般的な3極管3段増幅とします．最終回路図は**図2**のようになりました．

当初，終段の動作は特性カーブから動作点を

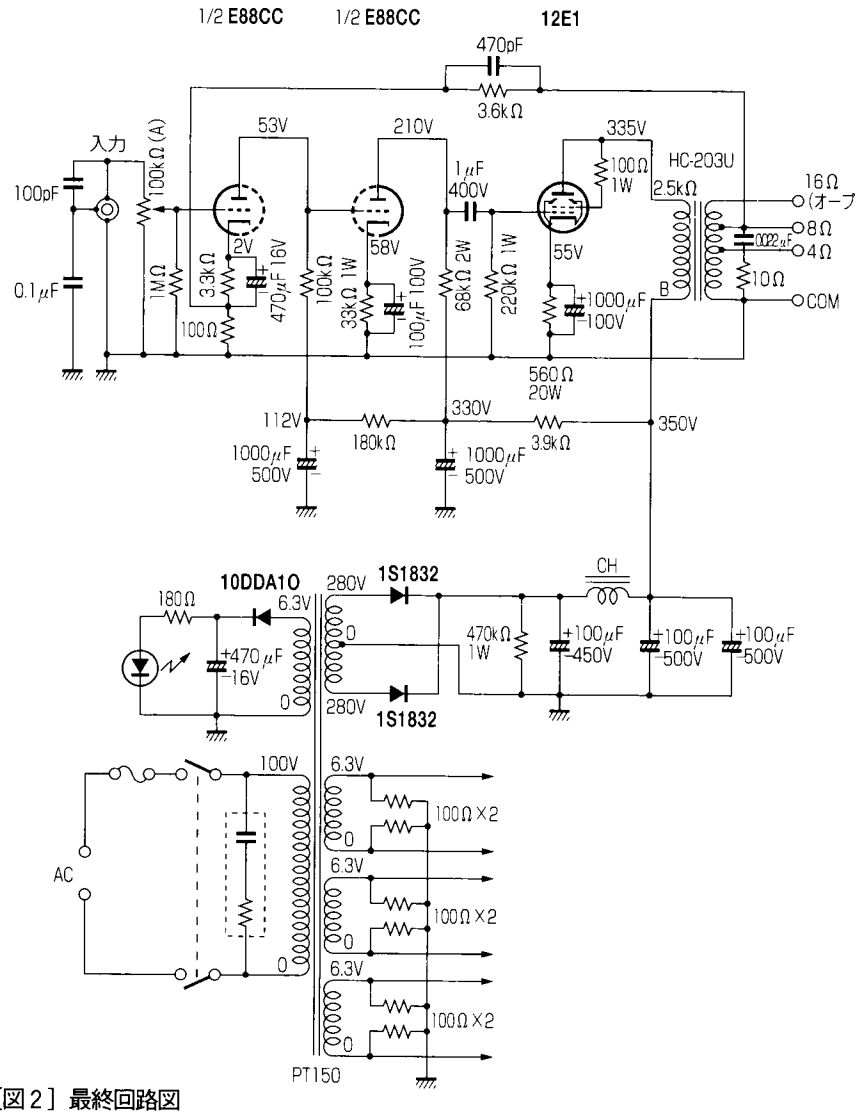
E_{p0} = 300V

I_{p0} = 105mA

E_{g0} = −50V

あたりに取り，負荷Zを1.75kΩとして進めていました．（1.75kΩは3.5kΩ負荷にて2次側の接続をずらして実現します）規格表ではE_{sgmax}=300Vは絶対最大定格であって，設計中心値ではない！　と書かれていますが，300Vを超えたら即絶縁不良を起こすとも思えず，設計中心値e扱いしました．今現在，比較的安価であるからできることかもしれませんが，後で記すように実際に組んでみるとちょっとずれがあったので，若干，設計変更しました．

前段の構成は双3極管を使った2段増幅です．この電圧増幅段は直結とする予定で，元の電源電圧が低めのため，低r_pの真空管を選定する必要があります．当初はロシア製の真空管6N6を使用する予定でした．しかし，実際に組んで見たところ，H-K耐圧の実力がないようで，ヒーターハムを引いてしまったため（私の手持ちだけの不具合かもしれません），E88CC（**図3**）に変更しました．両者はピンアサインが同じなので定数の変更だけで済みます．



［図2］最終回路図

初段はVb0を50V程度として，

E_{p0}=50V

I_{p0}=0.6mA

E_{g0}=−2V

r_p=100kΩ

2段目は電源供給が330V程度で，50Vくらい前段で下駄を履いているとして，

E_{p0}=150V

I_{p0}=1.8mA

E_{g0}=−4.8V

r_p=68kΩ

としました．

使用部品

作りやすさを重視すると低コストということも重要です．そのため，あまり高価な部品は使わないで組み上げることを目指しました．

主役の12E1はSTC製，前段E88CCはテスラ製です．重要部品のOPTは橋本電気のHC-203Uです．ローコストとは言い難いかもしれませんが，格別高価ではなくて信頼できるものを選びました．電源トランスは同じ橋本電気のPT-150，チョークは春日無線のKAC-5250です．CR類は一般グレード品で電気的要求を満足するものを選んでいます．電源スイッチはアルプス製のSDDFタイプの手

対策をとるかもしれません．

歪率は無帰還時，出力1Wにおいて1％程度で，直線性のよい純3極管と比べると見劣りしますが，多極管の3結としては及第点と考えてよろしいかと思います．NFBを掛けた仕上がり状態ではおよそ0.3%です．実は組み立て前には無帰還でもう少し低歪みに持っていけることを期待して，0.25%以下を狙っていました．データだけ実現しようとするにはもう少しNFB量を増やせばよいのですが，音がキツくなってしまうので，ヒアリング結果を優先して，数値目標には少し届かない結果となりました．

仕上がり状態でのNFB量はおよそ10.5dBで，DFはおよそ8.5程度になります．

試聴記

仕上げの項で音質に関する追い込みのようすを簡単に記しましたが，私がどのような音を善しとするかと言えば「色づけがなく」，「反応がすばやく」，「キツく感じないこと」この3点を重視します．本アンプにおいて，自分なりに合格点をつけました．「色づけがなく」や「キツく感じないこと」は比較的判断しやすいのですが，「反応がすばやく」は自分が判断基準を持っていないとなかなか判断できません．また，なかなかクリアできないのもこの「反応がすばやく」です．本アンプでは出力段が当初の条件において，NFB抵抗=2.4kΩまでは反応が遅くNGでした．2.2kΩでOKとなり，2.0kΩではときにキツさを感じることがありました．

今回，試聴に使った主なソースは以下のようなものです．

クラシック系

・バッハ：無伴奏パルティータ／天満敦子

・シューマン：クライスレリアーナ／ホロヴィッツ

・コダーイ：無伴奏チェロソナタ／長谷川陽子

・チャイコフスキー：組曲「くるみ割り人形」／ロストロポーヴィッチ，ベルリンフィル

・ヴェルディ：オペラ「椿姫」／アンナ・ネトレプコ

ジャズ系

・Round about Midnight／M.Davis

・Time after time／M.Davis

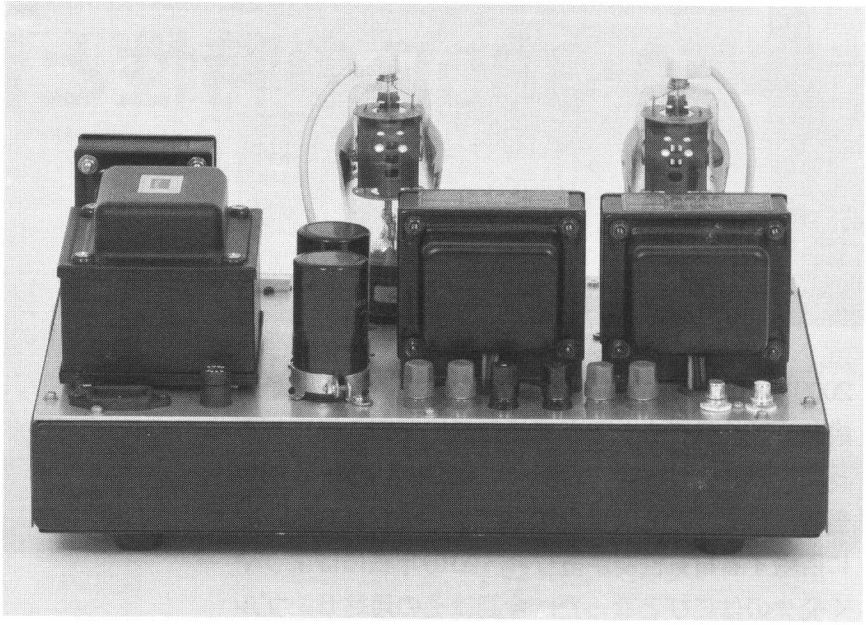
・Last concert／MJQ

ポップス系

・Hell freezes over／Eagles

・Victory is won／Santana

・Doris & me／J.Seidel



シャシー本体には孔あけ加工をせず，天板に入出力端子を取り付けている．入力端子は右端にコンパクトに収められている

終わりに

現在，比較的安価に出回っている12E1を使って，自分で納得の行くアンプを仕上げることができました．先に「結構，侮れないアンプに仕上がりそうだ」と記しましたが満足できるレベルにまで追い込むことができました．

始めは12E1を目一杯使ってやろうと出力重視の動作点設定をしたのですが，仮組みの段階でちょっと目論見からのズレがあり，それを修整した後の最終動作点はなかなかよい設定ポイントではないかと思います．もう少し電源に余裕があれば，E_{p0}=300V，I_{p0}=80～100mA，E_{g0}=－55～－60V，負荷Z_L=2.5kΩ程度とするとデータ上，より良い結果が得られるでしょう．電源トランスの変更が必要なのと，スクリーン電圧に多少余裕がある現在の動作条件も悪くはなかろうと考え，今回はそこまでの変更はせずに一区切りといたします．発熱量がかなりなものなので，このあたりで抑えておいたほうが良いのかもしれません．

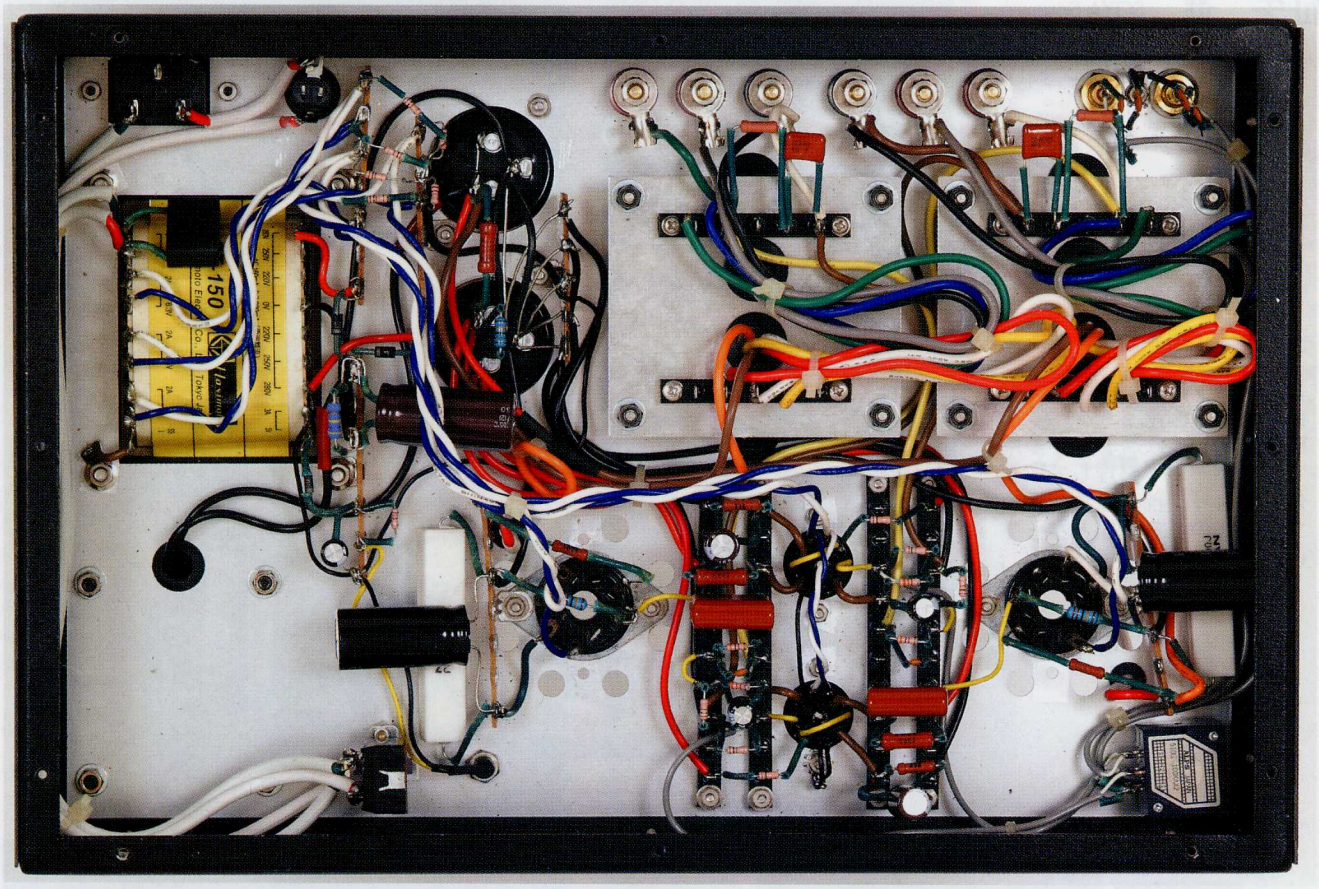
もう一つ，ヒアリングをしながらふと考えたのは「この12E1をベースにオーディオ出力に適するように改良してやると面白い真空管ができただろうなぁ」ということでした．現状，可能性はゼロでしょうが．

いかにもヨーロッパ管らしい外観の出力管を探したら，定電圧電源用ビーム4極出力管12E1にたどり着いた．管頂にプレートが出ているためか人気が低く，比較的安価に入手できる真空管で，3極管接続シングルで8W程度の出力が確保できる実力を持つ．ドライブ段は双3極管E88CCを使った2段増幅で，双3極管をチャンネルあたり1本ずつ使用している．電源トランスと出力トランスは橋本電気製，チョークコイルは春日無線製を起用した．シャシーは旧鈴蘭堂の手持ち品を使用した．オーバーオールで約10dBの負帰還を施し，特性，音質とも満足できる結果を得た．

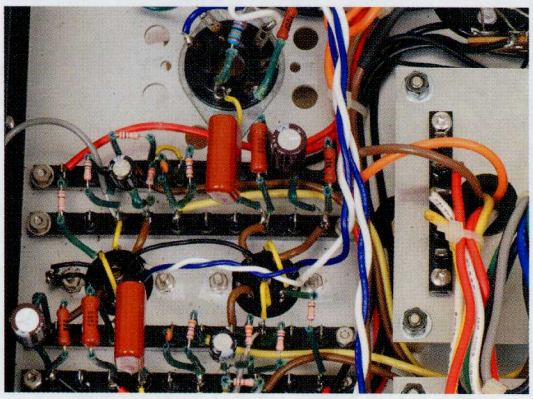
定電圧電源用ビーム4極出力管を活用，3極管接続と約10dBの負帰還で出力約8W

12E1シングルパワーアンプ

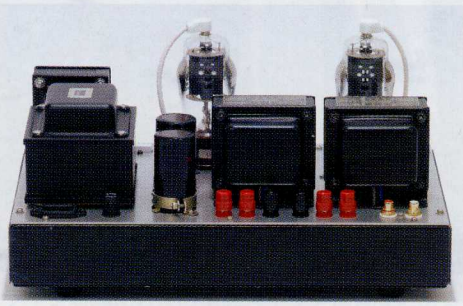
中澤健一　NAKAZAWA Kenichi



天板にすべての部品を取り付け，製作とメンテナンス，改造が容易な構造とした．出力トランスのリード線はラグ端子で固定



前段は2本の双3極管で構成．ラグ板上の部品配置は入力と出力管の配置をよく検討した結果



後ろ側に電源トランスと出力トランスを並べたレイアウト．入出力端子は天板に配置